

Ю.В.ХАЛИУЛЛИНА, студентка, *yuliya-hali@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Y.V.HALIULLINA, student, *yuliya-hali@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ТЯЖЕЛЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА В НОВОРОССИЙСКЕ

Рассмотрены возможности строительства промышленных тяжелых сооружений вблизи откосов. Проанализировано влияние тектоники, сейсмичности, рельефа, залегания пород флишевой толщи, их физических свойств на особенности инженерно-геологических условий. Установлена закономерность изменения прочности мергелей по глубине. Показаны положения наиболее вероятных поверхностей скольжения в трещиноватой моноклинально залегающей толще. Произведена оценка устойчивости пригруженных откосов. Даны рекомендации для обеспечения устойчивости сооружений.

Ключевые слова: промышленные тяжелые сооружения, инженерно-геологические условия, мергель, трещиноватая моноклинально залегающая толща, поверхность скольжения, устойчивость пригруженных откосов, обеспечение устойчивости сооружений.

GEOTECHNICAL ENGINEERING FEATURES OF THE ESTIMATION OF STABILITY OF HEAVY CONSTRUCTIONS OF DESIGNED CEMENT WORKS IN NOVOROSSIYSK

In the paper possibilities of constructing industrial heavy structures near slopes are described. The influence of tectonics, seismicity, a relief, deposit rocks thicknesses, their physical properties of geotechnical engineering feature are analyzed. The law of marls durability change is established. Positions of the most probable surfaces of sliding in cracked monoclonal deposit thickness are shown. The estimation of stability of the loaded slopes is made. Some recommendations for maintenance of structure stability are given.

Key words: industrial heavy structures, geotechnical engineering feature, marl, cracked monoclonal deposit thickness, surfaces of sliding, stability of the loaded slopes, maintenance of structure stability.

Новороссийск – крупнейший центр цементной промышленности на юге России, созданный на базе крупных месторождений высококачественных мергелей, находящихся вблизи заводов, что гарантирует бесперебойную и экономичную доставку сырья на производственную базу. ОАО «Новоросцемент» – старейшее цементное предприятие России – в декабре 2007 г. отметило свое 125-летие. Оно является одним из ведущих отечест-

венных производителей цемента. В структуру ОАО «Новоросцемент» входят три цементных завода: «Пролетарий», «Октябрь», «Первомайский». Численность персонала составляет свыше трех тысяч человек. В начале 2008 г. ОАО «Новоросцемент» запроектировал строительство нового завода мощностью 2,4-3,5 млн т цемента в год. Предприятие будет расположено на базе завода «Первомайский».

Таблица 1

Параметры сооружений*

Номер объекта по генплану	Наименование	Высота сооружения, м	Диаметр в плане, м	Планировочная отметка поверхности, м	Глубина заложения фундамента, м	Давление под дошвой фундамента, МПа
03	Усреднительный склад мергеля	30	102	255	3	0,5
08	Смесительный силос	80	22	239,8	5	0,6
15	Склад клинкера с силосом	25	65	240	6	0,7
		50	10			0,6
22	Цементные силосы с отгрузкой в автотранспорт	76	22	248	6	0,7
23	Цементные силосы с отгрузкой в железнодорожный транспорт	76	22	220	6	0,7

* Во всех сооружениях фундамент расположен на естественном основании.

Таблица 2

Изменение показателей физико-механических свойств мергелей по глубине

Глубина отбора, м	Номер скважины	Размеры образца, мм		Плотность средняя, г/см ³	Влажность, %	Временное сопротивление сжатию, МПа	Примечание
		Диаметр	Высота				
6,50	56	92,5	74,5	2,57	2,50	35,2	Образцы испытывались при естественной влажности на прессе МС-2000
6,65	56	92,5	69,0	2,57	2,51	37,0	
10,50	77	73,0	65,0	2,5	2,50	35,5	
11,50	56	93,0	63,5	2,53	2,53	50,2	
11,65	56	93,0	58,5	2,54	2,52	55,6	
11,80	77	72,0	46,0	2,52	2,51	20,4	
11,95	77	73,0	55,5	2,53	2,52	37,8	
13,50	77	72,0	65,5	2,50	2,51	11,3	
13,65	77	73,0	56,5	2,57	2,50	57,1	
15,00	56	92,5	57,5	2,55	2,51	38,1	
18,00	56	89,5	64,5	2,54	2,52	32,7	
20,00	83	72,0	63,0	2,51	2,50	15,8	
20,15	83	72,0	60,0	2,55	2,52	21,1	
23,60	56	90,0	60,5	2,57	2,50	33,2	
24,75	83	71,0	62,5	2,54	2,49	29,6	
24,60	83	71,0	56,5	2,58	2,50	64,9	
28,80	83	69,0	65,5	2,58	2,49	44,5	
38,70	83	69,5	69,0	2,56	2,50	11,6	

Завод «Первомайский» находится в 40 км от города в поселке Верхнебаканский. В геоморфологическом отношении предприятие расположено на склоне Маркотхского хребта, являющегося частью северо-западной оконечности Главного Кавказско-

го хребта, который, как известно, относится к зоне повышенной сейсмической активности [2]. В соответствии с картой общего сейсмического районирования территории России ОСР-97, в данном районе возможно возникновение землетрясений интенсивно-

стью 8 баллов по шкале М8К-64 при повторяемости таких событий 1 раз в 500 лет. Решением Госстроя РФ «Строительные нормы и правила СНиП-П-7-81» рекомендуют использовать эту карту при проектировании объектов строительства. Согласно ТСН 22-302-2000 Краснодарского края, территория участка относится ко II и III категориям по сейсмическим свойствам пород.

Для строительства нового завода отведена неосвоенная территория, которая характеризуется достаточно сложным рельефом с перепадом высот 62 м, крутизной склонов от 4 до 50° и высотой до 53 м. Такой расчлененный рельеф уже определяет III категорию сложности строительства и играет большую роль при оценке устойчивости сооружений, особенно тяжелых, которые размещаются вблизи откосов (табл. 1).

Наличие тектонического разлома, пересекающего площадку в северо-восточном направлении, свидетельствует о мощной зоне дезинтеграции пород, что снижает их устойчивость и прочность, а также повышает опасность развития оползневых смещений склонов и деформаций сооружений.

По данным изысканий 2008 г., в разрезе основания сооружений прослеживаются следующие геолого-литологические типы пород (сверху вниз): маломощные современные четвертичные отложения различного генезиса и верхнемеловые образования флиша Северного Кавказа. При инженерной подготовке территории для строительства тяжелых сооружений четвертичные отложения будут полностью сняты, как и верхняя часть выветрелых дезинтегрированных коренных пород. Верхнемеловые отложения представляют собой переслаивание мергелей, мергелистых глин, а также алевролитов и песчаников, отмечается наличие тонких глинистых прослоев. По возрасту и соотношению литологических разностей вся толща разделена на три пачки. Гениюхская свита сантонского яруса (K_2gn) представлена бежево-серыми мергелями, которые присутствуют в разрезе северо-восточной части площади. Ахейанская свита компанского яруса (K_2ah) по литологическому составу делится на две пачки пород, которые характеризуются наибольшей сте-

пенью тектонической дезинтеграции. Нижняя подсвита вышеуказанной свиты, слагающая юго-западную часть площади, представлена глинистыми серыми мергелями с прослоями глин, мощность которых не превышает 30 см. В верхней подсвите преобладают светло-серые мергели с тонкими прослоями алевролитов и песчаников. Отложения этой пачки присутствуют в основании цементных силосов, отнесенных к тяжелым сооружениям. Верхнемеловые отложения имеют моноклиналиное залегание, с наклоном пластов в одну сторону, что связано с приуроченностью пород к крылу складки со следующими элементами залегания пород: азимут падения – 25-55°, угол падения – 40-65°. По данным бурения, выход керна характеризуется наличием образцов, высота которых составляет менее 10 см, что указывает на высокую степень трещиноватости пород согласно показателю RQD [1].

Изменение временного сопротивления сжатию образцов мергеля по глубине при естественной влажности показано в табл. 2. Анализ этих данных дает возможность установить отсутствие закономерности распределения прочности образцов по глубине для определенного литологического типа пород, в данном случае мергелей, что обычно характерно для разрезов трещиноватых отложений в зонах влияния тектонических разломов.

Стоит отметить, что на отдельных монолитах прослеживаются сомкнутые трещины сдвига, позволяющие оценить по этим трещинам углы внутреннего трения породы:

$$\varphi = 2\alpha - 90^\circ,$$

где α – угол наклона поверхности разрушения к горизонту, град.

Поскольку значение угла α изменяется от 50 до 58°, угол φ варьирует от 10 до 26°. Такие значения углов внутреннего трения могут быть приняты как характеристики прочности по контакту слоев (например, мергель по мергелю). Но наиболее слабыми и опасными будут глинистые прослои, особенно при дополнительном увлажнении, когда значения φ снижаются до минимальных значений (менее 10°).

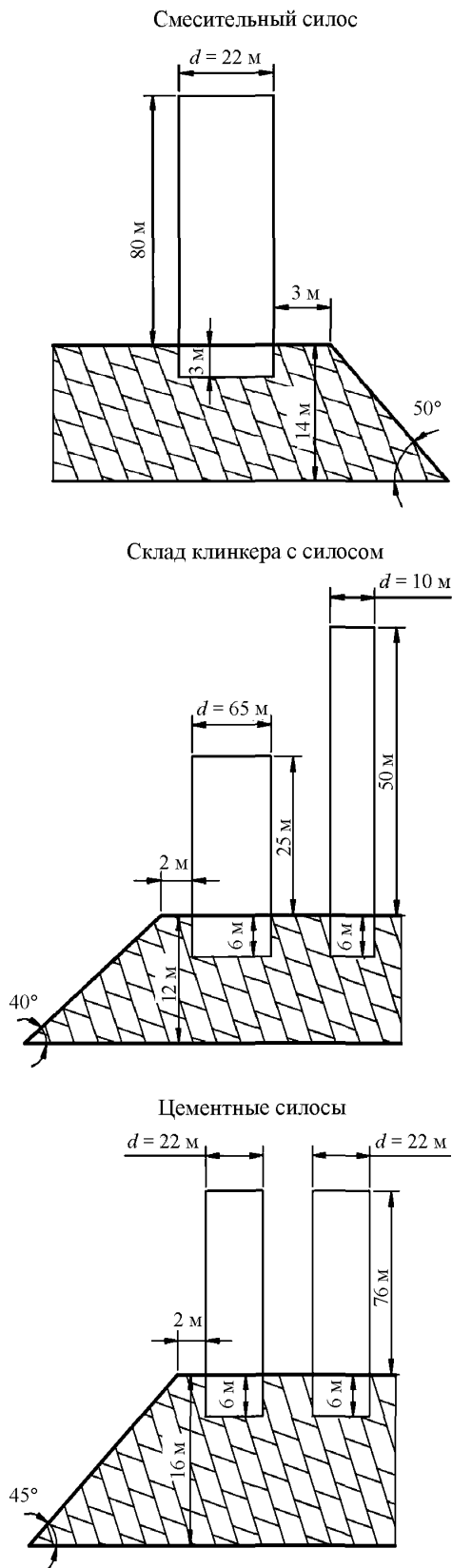


Рис.1. Схемы размещения некоторых сооружений проектируемого цементного завода по отношению к залеганию флишевой толщи

Специализированная съемка на территории функционирующего завода «Первомайский» показала, что на склонах отмечаются оползневые смещения. Так, например, в кирпичной кладке дымовой трубы, расположенной вблизи откоса с углом 25° , прослеживаются трещины смещения вдоль всей юго-восточной стороны сооружения. На стене здания магазина, который находится на пологом откосе (10°), явно выражена трещина растяжения, уходящая в цоколь. На этом же откосе размещается здание автомастерской, в стенах которого также прослеживается развитие деформации подобно-го типа.

Большая часть тяжелых проектируемых сооружений нового завода будет возводиться вблизи откосов, например: смесительный силос, склад клинкера с силосом и силосы с отгрузкой в автотранспорт (рис.1). Предварительные расчеты показали, что пригруженные откосы неустойчивы даже без учета действия сейсмических сил и гидродинамического давления подземных вод. Устойчивость склонов во флишевой толще с моноклиальным залеганием пород будет определяться поверхностью ослабления в массиве по контакту слоев и углами наклона этих поверхностей по отношению к горизонту, а также к откосу. При наклоне слоев флишевой толщи, а также трещиноватости возможно смещение пригруженных откосов по поверхностям скольжения (рис.2) [3]. Наиболее вероятными поверхностями ослабления в данном случае могут быть деформации по одной трещине Б, системе трещин А и В или по двум системам трещин как поперек ребра пересечения Г, так и вдоль него Д (рис.2). Для расчетов устойчивости таких откосов необходимо пользоваться показателями сопротивления сдвигу по поверхности контактов слоев либо трещин. Изменения значений углов внутреннего трения φ по контактам приведены выше.

Для обеспечения устойчивости сооружений, расположенных вблизи откосов, сложенных трещиноватой флишевой толщей, необходимо проанализировать несколько вариантов конструктивных мероприятий:

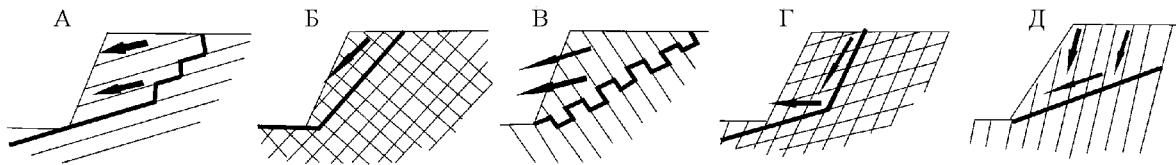


Рис.2. Возможные случаи формирования поверхностей скольжения

1. Гравитационные подпорные стенки, которые относятся к типу массивных, создающих единый фронт сопротивления сдвигающим усилиям в направлении откоса. Главным моментом в этой ситуации является правильное определение глубины заложения подпорных стенок по отношению к поверхности скольжения и основного направления оползневого давления, в противном случае существует реальная угроза смещения пригруженного откоса вместе с подпорными стенками.

2. Анкерное крепление склонов или фиксация с помощью свай. Длина штанг определяется мощностью ослабленной зоны и в практике строительных работ целесообразна от 4 до 5 м; при большей мощности ослабленной зоны (не свыше 30 м) переходят на гибкие тросовые тяжи.

3. Свайный фундамент из буронабивных свай. Для обеспечения надежности и эффективной работы сваи ее необходимо заглублять ниже поверхности скольжения в зону призмы упора. На сильно трещиноватых участках целесообразно проводить заливку бетона вокруг свай, что существенно повышает эффективность ее работы.

В результате экономической оценки будет сделан окончательный выбор капитальных защитных мероприятий для обеспечения длительной устойчивости сооружений, размещаемых вблизи откосов либо на откосах, сложенных моноклинально залегающей флишевой толщей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дашко Р.Э.* Механика горных пород: Учебник для вузов. М.: Недра, 1987. 264 с.
2. Инженерная геология СССР. Т.1 Платформенные регионы европейской части СССР / Под ред. И.С.Комарова. М.: Недра, 1991. 356 с.
3. *Молоков Л.А.* Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой. М.: Недра, 1988. 94 с.

REFERENCES

1. *Dashko R.E.* Rock mechanics: the Textbook for high schools. Moscow: Nedra, 1987. 264 p.
2. Engineering geology of the USSR. Vol.1. Platform regions of the European part of the USSR / Edited by E.S.Komarov. Moscow: Nedra, 1991. 356 p.
3. *Molokov L.A.* Interaction of engineering constructions with the geological environment. Moscow: Nedra, 1988. 94 p.

Научный руководитель д-р геол.-минерал. наук, профессор *Р.Э.Дашко*